Progress Notes

Canadian Wildlife Service

Progress Notes contain timely data and conclusions and are presented as a service to other wildlife biologists and agencies.

Disponible également en français

No. 163, July 1986

Censusing the Thick-billed Murre colonies of Akpatok Island, NWT

by G. Chapdelaine[1], A.J. Gaston[2], and P. Brousseau[1]

Introduction

The large colonies of Thick-billed Murres (*Uria lomvia*) on Akpatok Island have been familiar to local Inuit for many centuries, giving the island its name, "isle of murres" (*akpa*). The first ornithological exploration of the island was made by an Oxford University expedition in 1931 (Polunin 1932, Davis 1936). However, no attempt was made to census the murre colonies, although their position was mapped. In 1954, L.M. Tuck and J.B. Millar of the Canadian Wildlife Service (CWS) visited the island for 6 weeks in July and August. Tuck estimated that a maximum of 300 000 murres were present on the cliffs at the south end of the island and 900 000 at the north end (Tuck 1954, 1961). These numbers translate into about 150 000 and 450 000 breeding pairs (Brown *et al.* 1975, Gaston and Nettleship 1981, and see below). More recently, an aerial survey of the island by D.N. Nettleship in 1972 confirmed the position of the colony boundaries. Tuck estimated that Akpatok Island had one of the largest concentrations of Thick-billed Murres in Canada.

In 1981 and 1982, a CWS field party, including G. Chapdelaine (GC) and P. Brousseau (PB) conducted studies of breeding biology at the south colony during July and August (Chapdelaine and Brousseau 1982, 1984). In 1982, the colony was photographed in order to make a bird count at a later date. The north colony was visited by A.J. Gaston (AJG) and P. Mineau (PM) in August 1983 and was similarly photographed.

Owing to the size of the north colony and the relatively poor estimates obtained from boat photo-counts where the cliffs are high and the birds therefore a long way from the camera (Gaston *et al.* 1985), we decided not to make the very large investment of time and effort required to count the whole colony. Instead, we elected to sample the colony area. This note describes the census techniques used for both colonies. Each of the major Thick-billed Murre colonies probably needs to be treated according to its own peculiarities. Our methods at Akpatok Island may or may not be appropriate elsewhere. However, they illustrate one possible approach to sampling such a colony and the results that can be obtained.

Description of the colonies

The north colony at Akpatok Island extends over 14 km of cliffs ranging in height from 60 to 260 m (Fig. 1). The highest cliffs are toward the middle of the colony and the lowest are at the southern end (Fig. 2). The sharp promontory known as "Hell Cliff", at the north-east tip of the island, divides the colony into two segments. The north coast to the west of Hell Cliff is sheer, with only a very narrow cobbled beach. To the south of Hell Cliff, down the east coast of the island, the beach is broader and there is an extensive intertidal platform stretching up to 500 m from the high tide line.

On the north coast, breeding sites for murres are confined to narrow shelves cut into the horizontally bedded limestone, mainly near the top of the cliff. On the east side, there are some broad shelving areas that support compact groups of murres. Although many sites are again situated on horizontal shelves, there is a greater scattering of sites and more occur on the lower half of the cliff. Toward the southern end of the colony, where the cliffs are lowest, the distribution of breeding birds is very patchy, with small aggregations of birds and large unoccupied areas.

The length of the south colony is about 10 km, with the cliffs ranging from 120 to 165 m in height. At the base of the cliffs there is a broad scree and a flat meadow at the southern end of the colony, but the scree contracts northwards, becoming intermittent. Most of the birds breed on long horizontal ledges on the top half of the cliff, with a few irregular patches. The highest density occurs close to the ravine, about one-third of the way from the west end of the colony (Fig. 3). In comparison with other arctic Thick-billed Murre colonies, the density of breeding birds is generally rather low.

Tuck's camp was situated on the meadow area at the south-west end of the colony. He described this as being the densest part of the colony at that time. However, this is no longer so; the perferred area seems to have changed since Tuck's visit, possibly as a result of changes in the cliffs' structure, which may have been caused by the frequent rock-falls.

Methods

South colony

Methods employed for the south colony followed the recommendations of Birkhead and Nettleship (1980). A complete set of photographs was taken by GC and PB from an inflatable boat on 29 June 1982, using a Hasselblad camera with a 250 mm lens and P × P 120 film. Photos were taken between 10:00 and 15:00 EST, the exact time being recorded for each frame. Photos were enlarged to 20 × 20 cm and the birds counted using a counting pencil connected directly to an automatic counter. Photographs were classified into four groups on the basis of their quality.

Numbers of murres counted on the cliffs were converted to numbers of breeding pairs using the conversion factor "*k*" (breeding pairs/individuals present: Nettleship 1976, Birkhead and Nettleship 1980). The conversion factor was derived from counts made over the entire daylight period of 27 July (Fig. 4) at plots where the number of breeding pairs present was known from observations of eggs present (Type 1 method: Birkhead and Nettleship 1980). Counts for each pho-

[1]Canadian Wildlife Service, Quebec Region, 1141 Route de l'Église, P.O. Box 10100, Ste-Foy, Québec G1V 4H5.

[2]Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario K1A 0E7.

Environment Canada Environnement Canada

Canadian Wildlife Service Service canadien de la faune

Figure 1
Location of Thick-billed Murre colonies at Akpatok Island

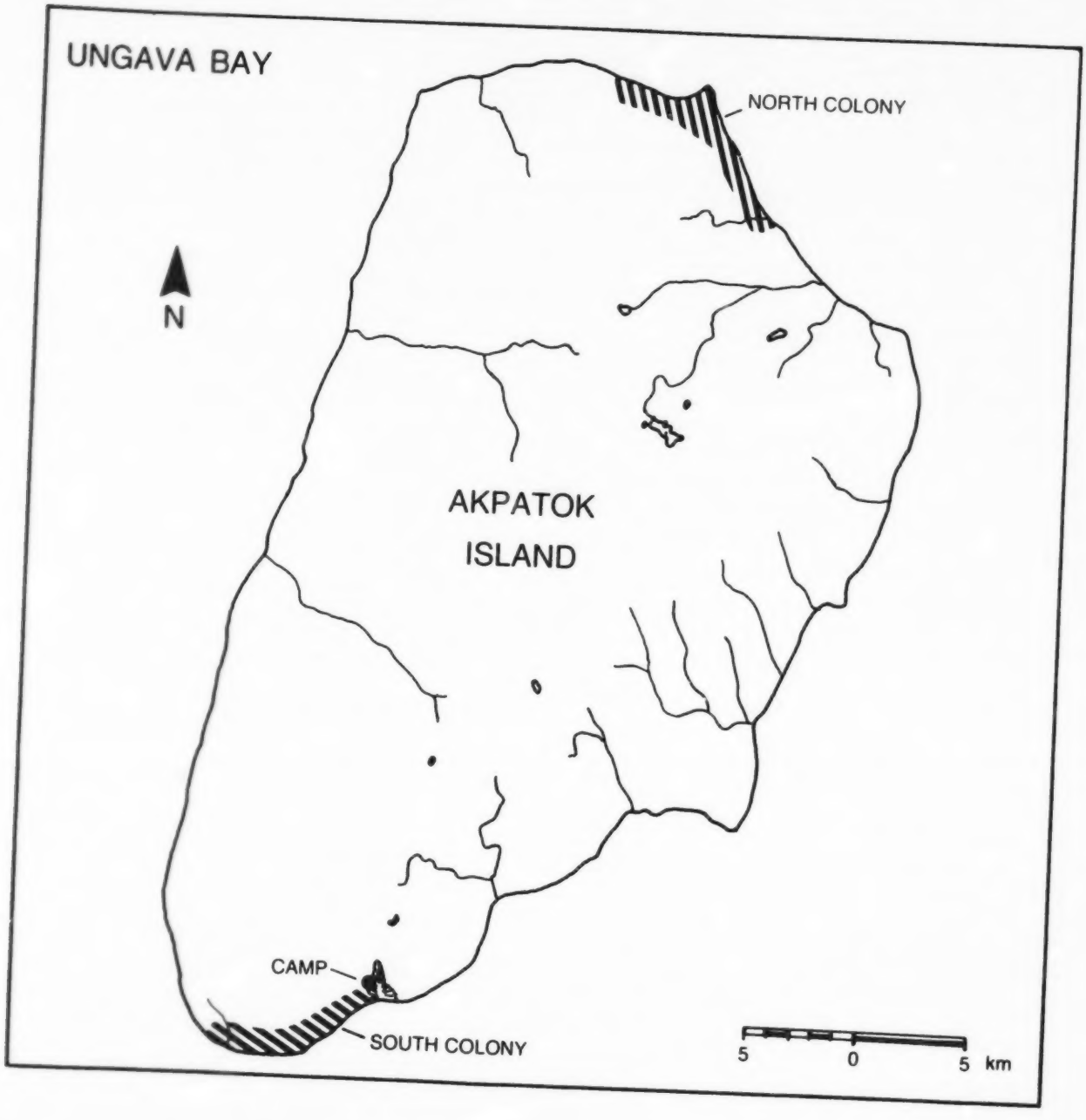
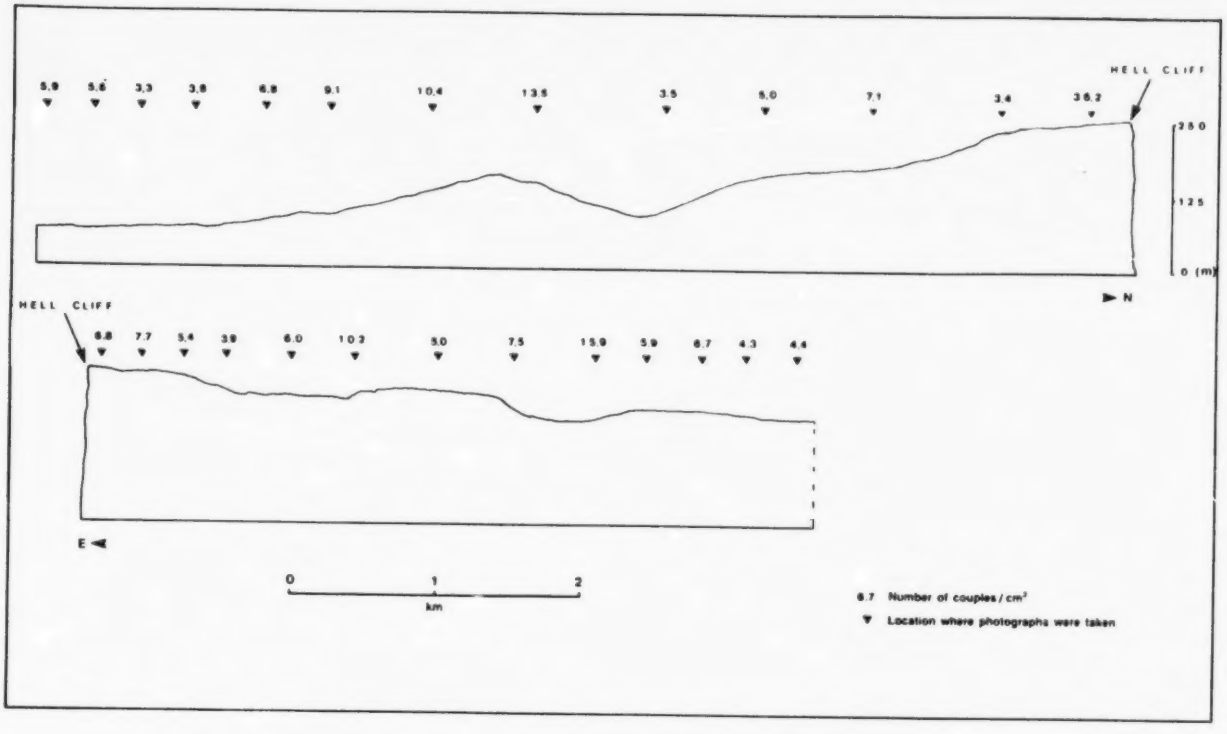


Figure 2
Sketch map of the north colony showing the position of photographs counted and the corresponding density of pairs



tograph were corrected by the *k* value for the corresponding time of day. Weather conditions on 27 and 29 July were similar.

North colony

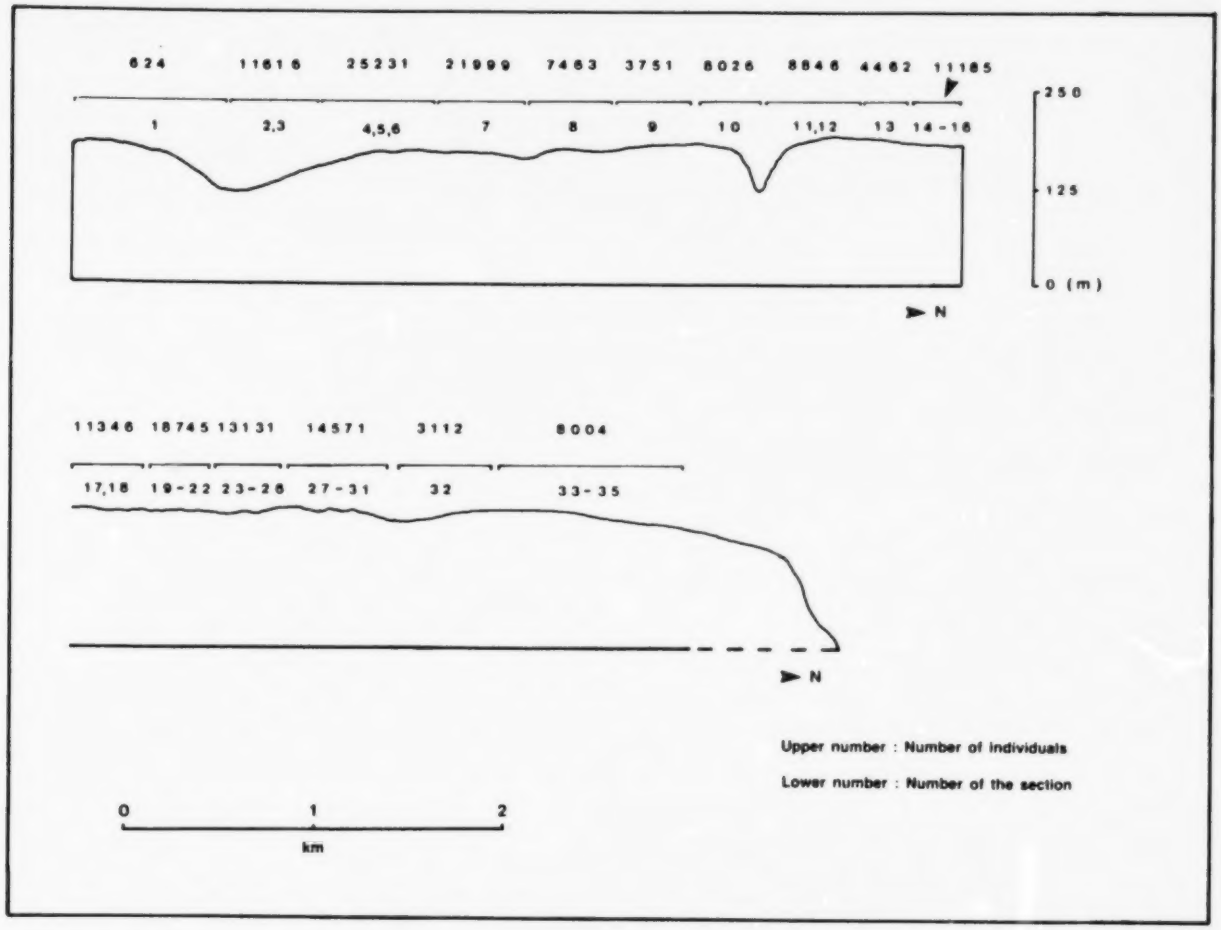
The set of photographs used to count the north colony was taken with a Pentax 6×7 camera and standard lens, using Plus-X professional film, on 6 August (east coast) and 8 August (north coast) 1983, partly from a Zodiac inflatable boat and partly (on the east side) from the intertidal platform, using a tripod. The total number of photos taken was 130, from which we selected every fifth picture for counting, beginning from Hell Cliff and working outwards in both directions, a total of 13 in either direction. These pictures were enlarged to 35 × 37 cm. In addition, we counted separately a major concentration of murres on a shelving area just to the south of Hell Cliff on the east side, using pictures taken with a 200 mm lens and enlarged to 25 × 20 cm.

A mosaic was constructed using all the pictures of the colony made on the same scale (contact size) to measure the total length of the colony on the photographs. Each photograph selected for counting was inspected for quality; edge areas, where birds might have been obscured by reduced sharpness, were excluded. On each photograph we then measured the total length of cliff to be counted. The aggregate length selected amounted to 36% of the total colony length, as measured on the photographs. The aggregate length exceeded 25% because adjacent photographs overlapped by 20–30%.

Because the birds were distributed mainly in horizontal bands, we chose to sub-sample the photographs selected for counting by dividing the count area into vertical strips 1 cm wide. As the counting strips were at right angles to the axis of maximum variation, the resulting variance among samples was minimized (Savard and Smith 1985). We then counted birds in alternate columns on all enlarged photographs, using the same technique as for the south colony. The total area counted was estimated by measuring the length of the columns counted on the photographs from sea to cliff-top. The position of photographs counted is shown in Figure 2.

Counts for each photograph were converted to numbers of breeding pairs, using the *k* value for the appropriate time of day, derived from counts made on 3 August 1982 at the south colony (Fig. 5), because no information was obtained on *k* values at the north colony. We calculated the mean number of pairs per square centimetre for each photograph counted. This figure was distributed normally with a range from 3 to 15 pairs/cm² for all except one picture (AK2-1), on which the density was 36.25 pairs/cm². Consequently, we calculated the total number of pairs on AK2-1 separately, and added them to the total extrapolated for the remainder of the colony. It is important to note that all areas involved are areas measured from the

Figure 3
Sketch map of the south colony showing the number of birds counted in each section



photographs, not actual areas. However, this should not affect the validity of the extrapolation.

Results

South colony

Altogether 172 211 Thick-billed Murres were counted on the photographs, giving an estimate of 119 711 pairs for the entire colony. Details of individual counts and their corresponding *k* values, ranging from 0.66 to 0.71 based on 390 pairs, are given in Table 1. These figures are certainly underestimates. It is never possible to count all the birds present from photographs because some birds are hidden behind others. This is particularly likely to occur on Akpatok Island, where birds are densely packed on the few major ledges. However, the quality of most photographs was considered adequate and the true breeding population is probably in the range of 120 000–150 000 pairs.

North Colony

We counted 4290 cm^2 (17.9%) out of an estimated total colony area of 23 839 cm^2 (8.6%). The total number of birds counted was 45 486, and the estimated number of breeding pairs for the area counted was 28 711, giving a mean density, on the photographs, of 6.7 pairs/cm^2. This extrapolates to a total of 159 721 pairs for the entire colony except AK2-1. A further 13 065 pairs were estimated for AK2-1, giving a total for the whole colony of 172 756 pairs. Details of count and *k* values are given in Table 2.

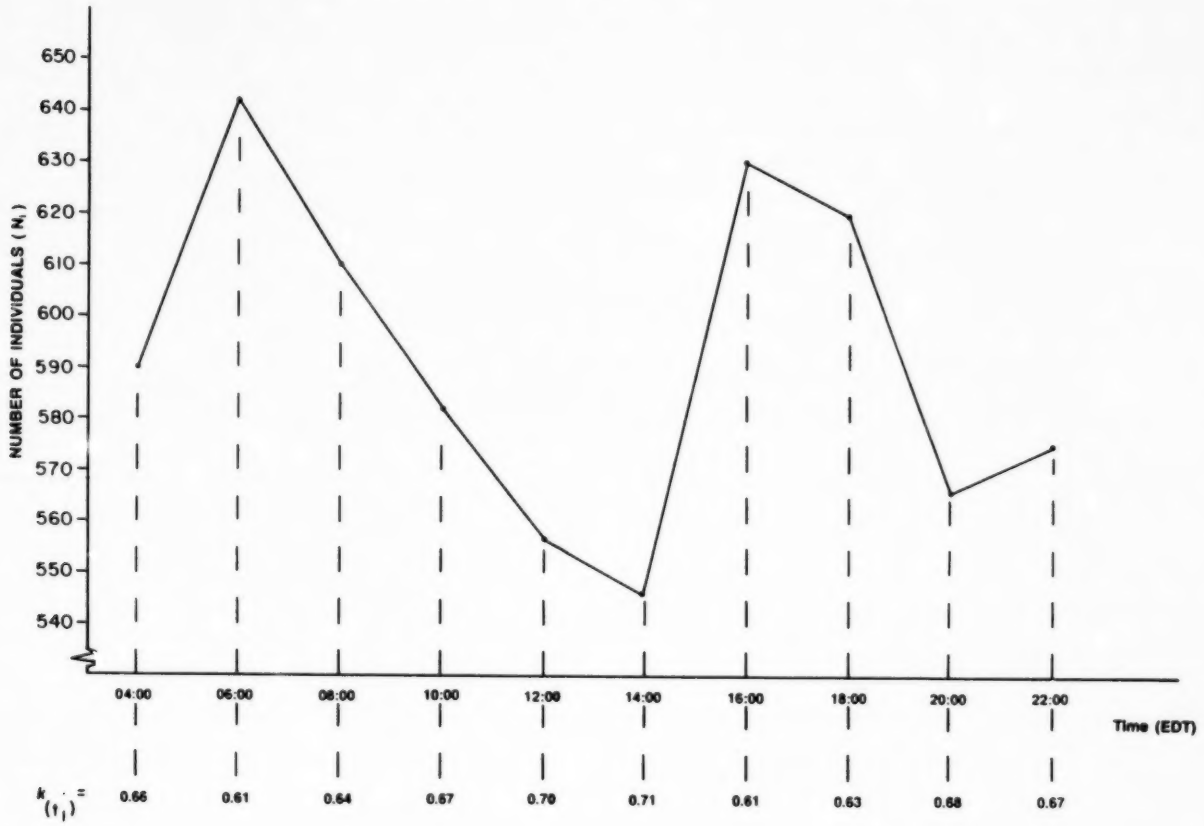
We used Jolly's method (Caughley 1977) to calculate confidence limits for our population estimate, giving a standard error of 4300.8 and 95% confidence limits of ±5.18% of the estimate (Appendix). To examine the effect of altering the total area counted, we also calculated confidence intervals for the cases where only one column in six and one column in four were counted. These gave, respectively, ±9.86% and

Table 1
Details of photo counts, *k* ratios and estimates of the breeding population for the south colony in 1982

Section	No. of film	No. of photo	Quality*	No. of murres counted	Time	*k*	No. of breeding pairs
1	2	12	2–3	624	15:00	0.66	412
2	2	9–11	2–3, 2–3, 2–3	3 934	14:50	0.71	2 793
3	2	6–8	2–3, 2–3, 2–3	7 682	14:45	0.71	5 454
4	2	1–5	3, 3, 2, 2–3, 2–3	7 397	14:35	0.71	5 252
5	1	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8	4, 2–3, 3, 4, 4, 3, 2–3	8 470	14:20	0.71	6 014
6	1	4, 9, 10	3, 2–3, 2	9 364	14:15	0.71	6 648
7	1	11, 12	2, 2	5 639	14:10	0.71	4 004
	6	5–12	2, 1, 2, 1, 2–3, 2, 2–3, 2	16 360			11 616
8	6	1–4	1, 3, 2, 2	7 463	14:00	0.71	5 299
9	7	11, 12	2, 1	3 751	13:45	0.70	2 626
10	7	7–10	2, 2, 2, 1	8 026	13:30	0.70	5 618
11	7	3–6	3, 2, 2, 2	6 470	12:40	0.70	4 529
12	7	1	3	2 376	12:40	0.70	1 663
13	7	2	3	3 977	12:40	0.70	2 784
	5	12	3	485			340
14	5	10, 11	3, 3	6 748	12:30	0.70	4 724
15	5	9	3	2 073	12:25	0.70	1 451
16	5	8	2	2 364	12:20	0.70	1 655
17	5	5–7	3, 3, 4	4 370	12:15	0.70	3 059
18	5	1–4	3, 3, 3, 3	6 976	12:00	0.70	4 883
19	5	1	3	2 006	11:45	0.68	1 364
20	16	1, 2	1, 2	2 500	11:40	0.68	1 700
21	16	3, 4, 5, 6, 7, 9 10	1, 2, 3–4, 3, 3, 3, 1	8 767	11:30	0.68	5 962
22	16	8, 11, 12	1, 2, 2	5 044	11:25	0.68	3 430
	17	2	3	428			291
23	17	1, 2	2, 3	1 171	11:15	0.68	796
24	17	5	3	1 045	11:15	0.68	711
25	17	4, 6, 7	1, 2, 3	4 289	11:00	0.68	2 917
26	17	3, 8, 9, 10, 11, 12	1, 2, 3, 1, 3, 3	4 637	11:00	0.68	3 153
	14	11, 10	3, 3	1 989			1 353
27	17	11, 10	3, 3	1 250	10:45	0.67	837
	14	10	3	655			439
28	14	8, 9	3, 2	2 469	10:45	0.67	1 654
29	14	1–7	1, 2, 3, 3, 2, 2, 3	3 013	10:45	0.67	2 019
	15	10, 11, 12	3, 3, 3	1 625			1 089
30	15	4–9	3, 1, 3, 2, 3, 1	4 793	10:45	0.67	3 211
31	15	2, 3	1, 3	766	10:30	0.67	513
32	15	1	1	413	10:30	0.67	277
	13	12–14	3, 1, 2	2 699			1 808
33	13	7–11	1, 1, 3, 1, 1	3 063	10:25	0.67	2 052
34	13	6	1	740	10:15	0.67	496
35	13	1–5	1, 2, 1, 1, 1	4 201	10:00	0.67	2 815
Total				172 211			119 711

***Quality ranking for photographs**
1. Excellent — Very good resolution with individual birds easily visible over the entire photograph
2. Good — Mainly as above, but birds difficult to see on some sections of the photograph
3. Medium — Good resolution but the distance involved makes the birds too small to be easily recognizable
4. Poor — Birds practically impossible to pick out

Figure 4
Counts of birds made on 27 July every 2 h at plots where the number of breeding pairs was known and the corresponding k value



± 7.59% of the estimate. Considering the other possible inaccuracies in the method, the difference between 95% confidence limits of ± 5% and ± 10% of the estimate seems fairly trivial. Consequently, we recommend that, if the method is to be applied elsewhere, effort may be reduced by counting only one quarter of the columns.

The above confidence limits do not include underestimation occurring through birds being overlooked and, as in the case of the south colony, our estimate is probably well below the true figure. Birds near the top of the 250-m high cliffs in the centre of the colony were very hard to distinguish on the photographs. On the other hand, those on the 80-m cliffs at the south end of the colony were easily counted. The accuracy of counts at the two colonies was probably similar, and we believe that the true breeding population of the north colony is in the range of 180 000–250 000 pairs.

Discussion

The method adopted at the north colony resulted in a great reduction of printing expense. At $15 each printing, a complete set of pictures would have cost nearly $2000. In addition, the method considerably reduced the amount of time required for counting. It is not possible to measure the level of inaccuracy introduced by the sampling approach, but the evidence from estimates of confidence limits suggests that the level was fairly low in relation to other inaccuracies inherent in such photographic counts (Gaston *et al.* 1985).

At Akpatok Island, which has very uniform cliff structure and ledge types, the nature of the Murre colonies may lend itself particularly to this type of sampling. At colonies where birds are more densely congregated, such as those of Digges, Hantzsch, and Coats islands, the expense of the photography involved is smaller. For such colonies, a technique where all photographs are printed, but only one column in four counted, might provide the most effective approach.

Our population estimates are considerably smaller than those obtained by Tuck (1954, 1961). However, without better information on Tuck's methods and the proportion of the colonies counted, it is not realistic to speculate about changes in population size. Tuck saw the north colony during a boat trip

Figure 5
Counts of birds made on 3 August every 2 h at plots where the number of breeding pairs was known and the corresponding k value

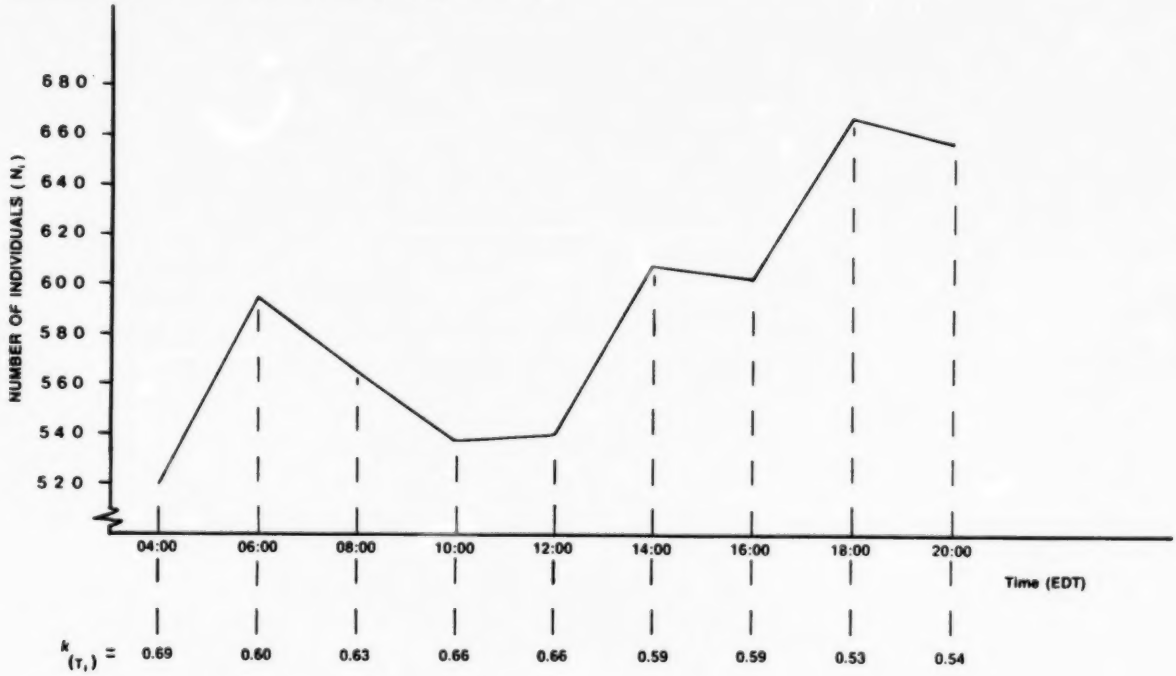
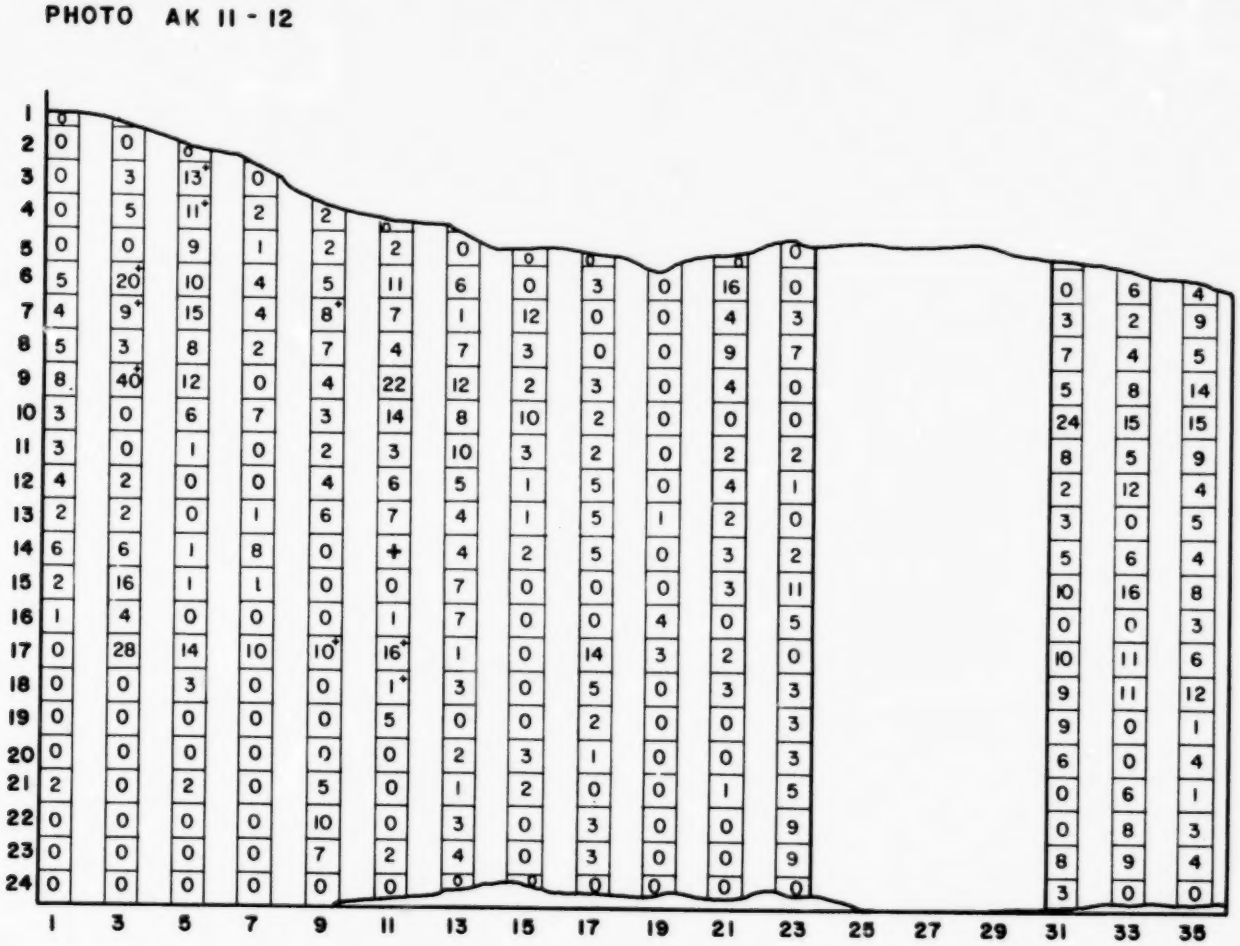


Table 2
Details of counts on the sample photos at the north colony

Picture no.	No. of murres	Time	k value	No. of pairs
AK2-8A	8 846	10:10	0.66	558
AK2-13A	1 404	10:20	0.66	927
AK2-18A	1 105	10:40	0.66	729
AK3-4A	648	10:45	0.66	428
AK3-10A	4 951	10:50	0.66	3 268
AK3-15A	4 052	11:15	0.66	2 674
AK4-3	3 478	12:10	0.66	2 295
AK4-9	2 457	12:15	0.66	1 622
AK5-2	1 547	13:30	0.62	959
AK5-8	1 049	13:40	0.62	550
AK6-2	1 129	13:05	0.62	600
AK6-8	1 659	13:35	0.62	1 030
AK7-7A	1 113	15:00	0.59	690
AK7-8A	678	15:00	0.59	400
AK7-9A	516	15:10	0.59	304
AK7-11	1 870	15:00	0.59	1 103
AK8-4/5	2 028	15:05	0.59	1 197
AK8-9	2 366	15:00	0.59	1 396
AK9-2	1 590	15:15	0.59	938
AK9-7	1 416	15:20	0.59	835
AK9-12	1 671	15:25	0.59	986
AK11-12	1 144	11:10	0.66	755
AK12-5	1 300	11:55	0.66	858
AK12-10	1 912	11:55	0.66	1 262
AK13-2	1 783	12:00	0.66	1 177
AK13-7/8	1 061	12:00	0.66	700
AK13-12	713	12:00	0.66	470

Figure 6
Sketch map of photo AK11-12 (north colony) showing the columns sampled and the number of individuals counted in each square centimetre



around the island, and it is unlikely that accurate counts could have been made from such a platform. It is equally unlikely that populations have not changed. In any case, both surveys do indicate that the north colony is considerably larger than the south colony. The total population of the island is between 300 000 and 400 000 breeding pairs. This means that Akpatok Island currently supports the largest concentration of seabirds in the eastern Canadian Arctic.

Acknowledgements
We should like to thank all those who assisted us in the field: Reynald Anderson, Magella Guillemette, and Pierre Mineau. Assistance with logistics was provided by the Polar Continental Shelf Project of Energy, Mines, and Resources Canada and the Canadian Coast Guard. Andy Thériault of the Department of Indian and Northern Affairs allowed us to use the Ikaluit Laboratory in Frobisher Bay and arranged for radio contacts. Thanks also to H. Boyd, D.N. Nettleship, C. Drolet, and A. Bourget for comments on earlier drafts on this paper.

References

Birkhead, T.R.; Nettleship, D.N. 1980. Census methods for murres, *Uria* species: a unified approach. Can. Wildl. Serv. Occas. Pap. No. 43. 25 pp.

Brown, R.G.B.; Nettleship, D.N.; Germain, P.; Tull, C.E.; Davis, T. 1975. Atlas of eastern Canadian seabirds. Can. Wildl. Serv., Ottawa. 220 pp.

Caughley, G. 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley and Sons, New York. 234 pp.

Chapdelaine, G.; Brousseau, P. 1982. Aspects de la biologie de la Marmette de Brünnich (*Uria lomvia*) de l'île Akpatok, saison 1981. Can. Wildl. Serv. Ms. rep. 46 pp.

Chapdelaine, G.; Brousseau, P. 1984. Estimation et tendance de la population de la Marmette de Brünnich (*Uria lomvia*), colonie sud de L'île Akpatok. Serv. can. de la faune, Ms. rapport. 29 pp.

Davis, D.H.S. 1936. Reconnaissance of the fauna of Akpatok Island, Ungava Bay, J. Anim. Ecol. 5:319–332.

Gaston, A.J.; Cairns, D.K.; Elliot, R.D.; Noble, D.G. 1985. A natural history of Digges Sound. Can. Wildl. Serv. Rep. Ser. No. 46, Ottawa. 63 pp.

Gaston A.J.; Nettleship, D.N. 1981. The Thick-billed Murres of Prince Leopold Island. Can. Wildl. Serv. Monogr. No. 6, Ottawa. 350 pp.

Nettleship, D.N. 1976. Census techniques for seabirds of arctic and eastern Canada. Can. Wildl. Serv. Occas. Pap. No. 25. 33 pp.

Polunin, N.V. 1932. The isle of Auks. E. Arnold and Co. London. 253 pp.

Savard, J.-P.L.; Smith, G.E.J. 1985. Comparisons of survey techniques for burrow-nesting seabirds. Can. Wildl. Serv. Progr. Note No. 151.7 pp.

Tuck, L.M. 1954. Murre investigations at Akpatok Island. Can. Wildl. Serv. Ms. rep. Ottawa. 61 pp.

Tuck, L.M. 1961. The murres. Can. Wildl. Serv. Monogr. No. 1, Ottawa. 260 pp.

Appendix

We calculated the estimate (Y) for the number of pairs of Thick-billed Murres and 95% confidence limits using Jolly's Method for unequal sized sampling units.

Let N = the number of columns in the whole set of pictures
n = the number of sample columns
Z = the area of the census zone (in cm^2)
z = the area of any one column (in cm^2)
y = the number of counted pairs in any one column
R = the ratio of pairs counted to area search, i.e. $\Sigma y/\Sigma z$
S^2y = the variance between pairs counted in all the columns

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}\right]$$

S^2z = the variance between the area of all columns

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma z^2 - \frac{(\Sigma z)^2}{n}\right]$$

Szy = the covariance between the animals counted and the area of each column

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma zy - \frac{(\Sigma z)(\Sigma y)}{n}\right]$$

Then,

(1) population total, $Y = ZR$
(2) population variance, Var (Y)
$= N(N - n)(S^2y - 2RS_{zy} + RS_z^2)$
(3) population standard error, SE (Y) = var (Y)
(4) 95% confidence limits of $Y = \pm \tau$ SE (Y)

To illustrate the method, we give here the calculation of estimates of Thick-billed Murre pairs of picture AK11-12 (Fig. 6). We photographed this sector on August 10 at 11:10. The corresponding *k* value at this time was 0.66, giving an estimate of 755 pairs for the 1144 individuals counted on the picture (Table 2). The total number of columns on this picture is 35.5, and the number of sample columns is 15. The area of the census zone is 448.6 cm^2, and the area of sample columns is 190.6 cm^2. So, the ratio of pairs counted to area (R) = 3.96.

Substituting these values in equations 1, 2, 3, and 4 we obtain for pictures AK11-12:
Population total, Y = 1776
Population variance, Var (Y) = 858.4
Population standard error, SE (Y) = 29.3
95% confidence limits of Y = ± 59 (3.3%)

Cahiers de biologie

Also available in English

N° 163, juillet 1986

Environment CANADA Environnement
2034171E
SK 471 C3372
CANADIAN WILDLIFE SERVICE. PROGRESS
NOTES (FRENCH)
OOFF

Rencensement des colonies de Marmettes de Brünnich de l'île Akpatok (T.N.-O.)

par G. Chapdelaine[1], A.J. Gaston[2] et P. Brousseau[1]

Introduction

Depuis des siècles, les nombreuses colonies de Marmettes de Brünnich (*Uria lomvia*) de l'île Akpatok représentent pour les Inuit de la région une présence si familière qu'ils ont baptisé l'île du nom de cet oiseau *akpa* (île des marmettes). La première exploration ornithologique de l'île a été effectuée en 1931 par une équipe de l'université d'Oxford (Polunin, 1932; Davis, 1936). Bien que l'on ait dressé une carte de leur position, aucune tentative n'a été faite pour recenser les colonies de marmettes. En 1954, L.M. Tuck et J.B. Miller du Service canadien de la faune (SCF) ont visité l'île en juillet et en août pendant une période de six semaines. Tuck a estimé à un maximum de 300 000 le nombre de marmettes sur les falaises à l'extrémité sud de l'île et à 900 000 à l'extrémité nord (Tuck, 1954, 1965). Ces chiffres ramènent à environ 150 000 et 450 000 couples d'oiseaux reproducteurs respectivement (Brown *et al.*, 1975; Gaston et Nettleship, 1983; et voir ci-dessous). Plus près de nous, un relevé aérien de l'île en 1972 par D.N. Nettleship a confirmé la position des limites de la colonie. Tuck a estimé que l'île Akpatok contenait l'une des plus fortes concentrations de Marmettes de Brünnich au Canada.

En 1981 et en 1982, une équipe sur le terrain du SCF, composée de G. Chapdelaine (GC) et P. Brousseau (PB), a effectué des études sur la biologie de la reproduction dans la colonie du sud, pendant juillet et août (Chapdelaine et Brousseau, 1982, 1984). En 1982, l'équipe a photographié la colonie pour en dénombrer les oiseaux. Au nord de l'île, la colonie a été visitée par A.J. Gaston (AJG) et P. Mineau (PM) en août 1983 qui l'ont également photographiée.

Étant donné la taille de la colonie du nord et les estimations plutôt insatisfaisantes obtenues avec des photographies à partir des bateaux lorsque les falaises sont élevées, et par conséquent les oiseaux éloignés de l'appareil-photo (Gaston *et al.*, 1985), nous avons décidé de ne pas consacrer la somme de temps et d'efforts nécessaires pour dénombrer la colonie tout entière. Nous avons au contraire retenu un échantillon de la colonie. Le présent cahier décrit les techniques de recensement utilisées pour les deux colonies. Chacune des principales colonies de Marmettes de Brünnich doit probablement être traitée en fonction de ses particularités. Les méthodes utilisées par nous à l'île Akpatok peuvent peut-être ou non convenir ailleurs. Néanmoins, elles illustrent l'une des méthodes possibles pour échantillonner ce genre de colonies et les résultats que l'on peut en tirer.

[1] Service canadien de la faune, Région du Québec, 1141, Route de l'Église, C.P. 10100, Ste-Foy (Québec) G1V 4H5.
[2] Service canadien de la faune, Ottawa (Ontario) K1A 0E7.

Description des colonies

La colonie située dans la partie nord de l'île Akpatok s'étend sur 14 km de falaises dont la hauteur varie de 60 à 260 m (figure 1). Les falaises les plus élevées se trouvent vers le centre de la colonie et les plus basses à son extrémité sud (figure 2). Le promontoire escarpé connu sous le nom de « Hell Cliff » à l'extrémité nord-est de l'île divise la colonie en deux segments. Le côté nord à l'ouest de Hell Cliff est abrupt avec seulement une très étroite plage de galets. Au sud de Hell Cliff en direction de la côte est de l'île, la plage est plus étendue et elle comprend un vaste plateau intertidal qui s'étend jusqu'à 500 m de la ligne de haute mer.

Côté nord, les sites de reproduction des marmettes se réduisent aux étroites saillies taillées dans le calcaire stratifié à l'horizontale et principalement au sommet de la falaise. Du côté est, on aperçoit de larges saillies où s'entassent des groupes compacts de marmettes. Quoique de nombreux emplacements soient encore situés sur des saillies horizontales, ils sont ici plus dispersés et se trouvent en plus grand nombre sur la moitié inférieure de la falaise. Vers l'extrémité sud de la colonie, où l'on aperçoit les plus basses falaises, la distribution des oiseaux reproducteurs se fait de façon inégale avec de petits groupes et de grands espaces inoccupés.

La longueur de la colonie du sud est d'environ 10 km et sa hauteur varie de 120 à 165 m. Au pied des falaises, se trouve un vaste éboulis et une prairie horizontale à l'extrémité sud de cette colonie, mais les éboulis se resserrent vers le nord pour devenir intermittents. La majorité des oiseaux nichent sur les longues corniches horizontales de la moitié supérieure de la falaise avec quelques groupes irréguliers. La densité la plus forte se produit à proximité du ravin, à environ un tiers avant d'arriver à l'extrémité ouest de la colonie (figure 3). Comparativement à d'autres colonies de Marmettes de Brünnich dans l'Arctique, la densité des oiseaux nicheurs est en général assez faible.

Le campement de Tuck était situé dans la prairie à l'extrémité sud-ouest de la colonie. À l'époque, il l'a désignée comme étant la partie la plus dense de la colonie. Mais tel n'est plus le cas; l'aire de prédilection semble avoir changé depuis la visite de Tuck, probablement à la suite des modifications survenues dans la structure de la falaise, qui peuvent avoir été causées par de fréquents éboulis de roches.

Méthodes

Colonie du sud

Les méthodes employées avec la colonie du sud étaient conformes aux recommandations de Bickhead et Nettleship (1980). Le 29 juin 1982, une série complète de photographies ont été prises par GC et PB à partir d'un canot gonflable, avec un appareil-photo Hasselblad muni de lentilles de 250 mm et d'un film P × P 120. Les photos ont été prises entre 10:00 et 15:00 (heure normale de l'est), le temps exact étant enregistré pour chaque image. Les photos ont été agrandies à la dimension de 20 × 20 cm et les oiseaux comptés à l'aide d'un crayon spécial relié directement à un compteur automatique. Les photos ont été classées en quatre groupes d'après leur qualité.

Environnement Canada Service canadien de la faune
Environment Canada Canadian Wildlife Service

Figure 1
Emplacement des colonies de Marmettes de Brünnich à l'île Akpatok

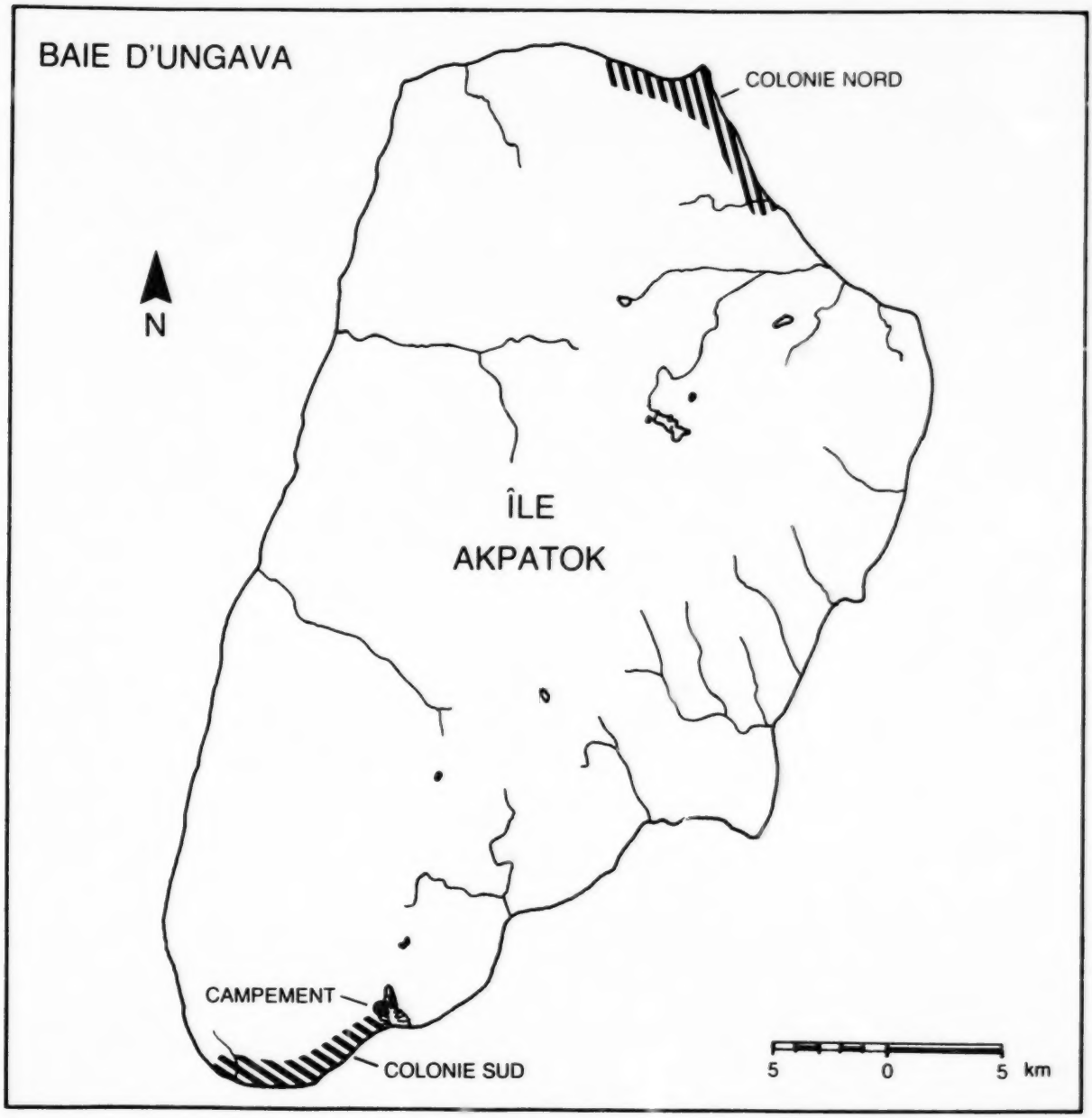
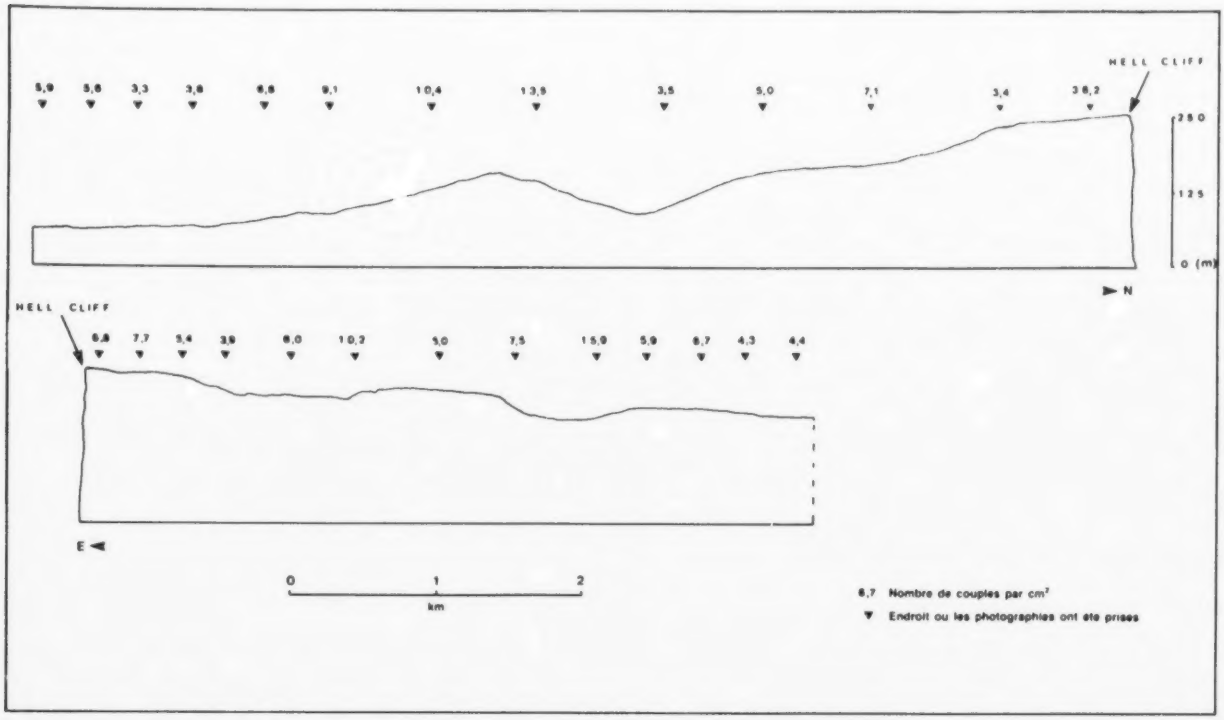


Figure 2
Croquis de la colonie du nord indiquant la position des photographies dénombrées et la densité correspondante des couples



Le nombre de marmettes dénombrées sur les falaises a été transformé en nombre de couples reproducteurs au moyen du facteur de conversion «*k*» (couples reproducteurs/individus présents : Nettleship, 1976; Birkhead et Nettleship, 1980). Le facteur de conversion provient des dénombrements effectués pendant toute la journée du 27 juillet à la lumière du jour (figure 4) sur des parcelles où le nombre de couples reproducteurs était connu d'après des observations à partir des oeufs présents (méthode de type 1 : Birkhead et Nettleship, 1980). Le dénombrement pour chaque photographie a été corrigé par la valeur *k* pour la période correspondante de la journée. Les conditions météorologiques du 27 et du 29 juillet se ressemblaient.

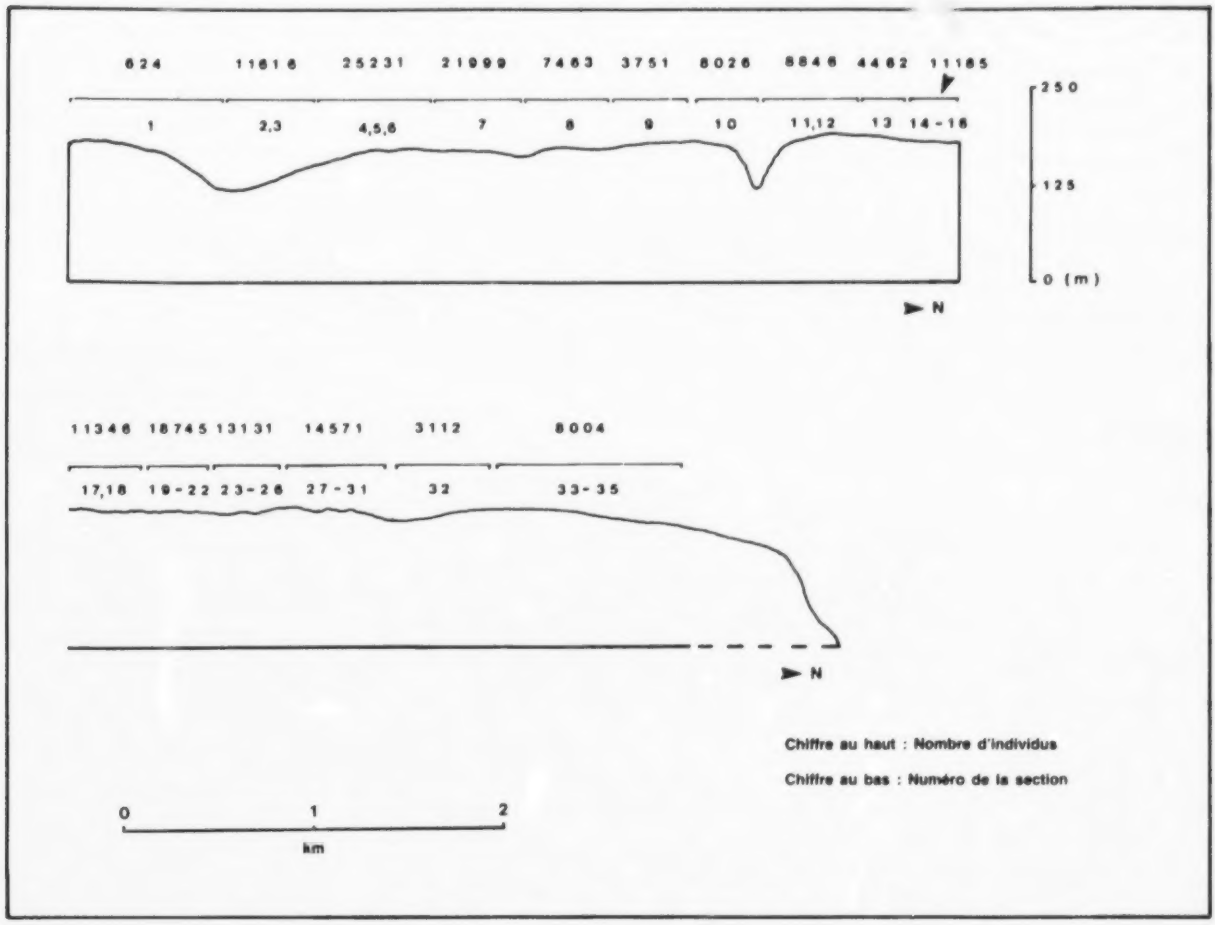
Colonie du nord

La série de photographies ayant servi à dénombrer la colonie du nord ont été prises avec un appareil-photo Pentax 6 × 7, muni de lentilles normales et d'un film professionel Plus-X, le 6 août (côté est) et le 8 août (côté nord) 1983, d'une part d'un canot gonflable Zodiac (côté nord) et d'autre part (côté est) à partir de la plate-forme intertidale et à l'aide d'un trépied. Parmi les 130 photos prises, nous en avons choisi une sur cinq pour le dénombrement, à partir de Hell Cliff et en s'en éloignant dans les deux cas, soit un total de 13 photos dans chaque direction. Ces photos ont été agrandies à la dimension de 35 × 37 cm. En outre, nous avons dénombré séparément une importante concentration de marmettes sur une saillie juste au sud de Hell Cliff, côté est, avec des photos prises au moyen d'une lentille de 200 mm et agrandies à la dimension de 25 × 20 cm.

Une mosaïque a été composée avec toutes les photos de la colonie à la même échelle (planche de contact) pour mesurer la longueur totale de la colonie d'après ces photos. La qualité de chaque photo choisie pour le dénombrement a été examinée; les aires avec des rebords, où les oiseaux auraient pu être estompés par une réduction de l'escarpement, ont été exclues. Sur chaque photographie, nous avons alors mesuré la longueur totale de la falaise où il fallait effectuer le dénombrement. La longueur globale choisie représentait 36 % de la longueur totale de la colonie telle que mesurée sur les photos. La longueur globale a dépassé 25 %, les photos voisines empiétant de 20 à 30 %.

Étant donné que les oiseaux étaient répartis surtout en bandes horizontales, nous avons décidé de sous-échantillonner les photographies retenues en subdivisant en bandes verticales de 1 cm de large la surface à dénombrer. Les bandes se trouvant à angle droit avec l'axe de la variation maximum, la variance obtenue parmi les échantillons était minimisée (Savard et Smith, 1985). Puis, nous avons dénombré les oiseaux en alternant les colonnes sur toutes les photos agrandies, au moyen de la même technique que pour la colonie du

Figure 3
Croquis de la colonie du sud indiquant le nombre d'oiseaux recensés dans chaque section



sud. C'est en mesurant la longueur des colonnes dénombrées sur les photographies à partir de la mer jusqu'au sommet de la falaise que l'on a évalué l'aire totale recensée. La position des photographies dénombrées apparaît à la figure 2.

Les chiffres obtenus pour chaque photographie ont été convertis en nombre de couples reproducteurs, au moyen de la valeur *k* pour la période du jour appropriée, obtenue par le dénombrement effectué le 3 août 1982 avec la colonie du sud (figure 5), aucune information n'ayant pu être obtenue sur la valeur *k* à la colonie du nord. Nous avons calculé le nombre moyen de couples par centimètre carré pour chaque photographie choisie. Les résultats se situaient normalement entre 3 et 15 couples/cm^2 pour toutes les photos à l'exception d'une seule (AK2-1), où la densité s'élevait à 36,25 couples/cm^2. Nous avons donc calculé séparément le nombre total des couples sur AK2-1 pour l'ajouter au total extrapolé du reste de la colonie. Il importe de rappeler que toutes les aires en question ont été mesurées sur les photographies et non à partir de la réalité. Toutefois, cela ne doit pas avoir d'influence sur la validité de l'extrapolation.

Résultats

Colonie du sud

Tout compte fait, 172 211 Marmettes de Brünnich ont été dénombrées sur les photos, soit une estimation de 119 711 couples pour la colonie tout entière. Des détails sur les dénombrements individuels et leur valeur *k* correspondante, allant de 0,66 à 0,71 sur une base de 391 couples, figurent au tableau 1. Ces résultats sont certainement des sous-estimations, car il est pratiquement impossible de dénombrer tous les oiseaux présents sur les photographies, certains individus étant masqués par d'autres. Cette situation est particulièrement vraie pour l'île Akpatok où les oiseaux sont littéralement entassés sur les quelques grandes saillies. Néanmoins, la qualité de la majorité des photos ayant été jugée satisfaisante, on peut dire que la population réelle des reproducteurs est probablement de l'ordre de 120 000 à 150 000 couples.

Colonie du nord

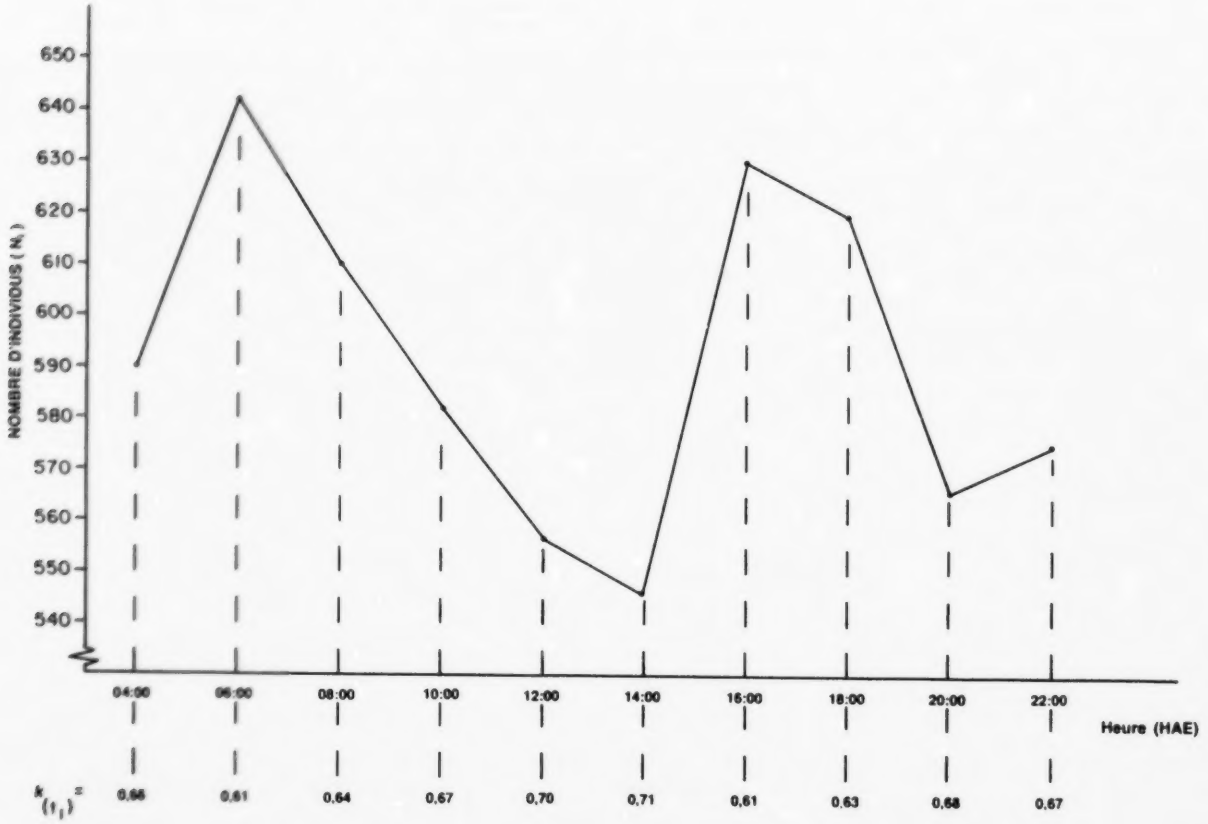
Sur une superficie totale de 23 839 cm^2 évaluée pour une colonie, nous avons recensé 4290 cm^2 (17,9 %). Le nombre

Tableau 1
Précisions sur les relevés des photos, les rapports *k* et les estimations de la population reproductrice de la colonie du sud, en 1982

Section	Nbre de films	Nbre de photos	Qualité*	Nbre de marmettes recensées	Heure	*k*	Nbre de couples reproducteurs
1	2	12	2–3	624	15:00	0,66	412
2	2	9–11	2–3, 2–3, 2–3	3 934	14:50	0,71	2 793
3	2	6–8	2–3, 2–3, 2–3	7 682	14:45	0,71	5 454
4	2	1–5	3, 3, 2, 2–3, 2–3	7 397	14:35	0,71	5 252
5	1	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8	4, 2–3, 3, 4, 4, 3, 2–3	8 470	14:20	0,71	6 014
6	1	4, 9, 10	3, 2–3, 2	9 364	14:15	0,71	6 648
7	1	11, 12	2, 2	5 639	14:10	0,71	4 004
	6	5–12	2, 1, 2, 1, 2–3, 2, 2–3, 2	16 360			11 616
8	6	1–4	1, 3, 2, 2	7 463	14:00	0,71	5 299
9	7	11, 12	2, 1	3 751	13:45	0,70	2 626
10	7	7–10	2, 2, 2, 1	8 026	13:30	0,70	5 618
11	7	3–6	3, 2, 2, 2	6 470	12:40	0,70	4 529
12	7	1	3	2 376	12:40	0,70	1 663
13	7	2	3	3 977	12:40	0,70	2 784
	5	12	3	485			340
14	5	10, 11	3, 3	6 748	12:30	0,70	4 724
15	5	9	3	2 073	12:25	0,70	1 451
16	5	8	2	2 364	12:20	0,70	1 655
17	5	5–7	3, 3, 4	4 370	12:15	0,70	3 059
18	5	1–4	3, 3, 3, 3	6 976	12:00	0,70	4 883
19	5	1	3	2 006	11:45	0,68	1 364
20	16	1, 2	1, 2	2 500	11:40	0,68	1 700
21	16	3, 4, 5, 6, 7, 9 10	1, 2, 3–4, 3, 3, 3, 1	8 767	11:30	0,68	5 962
22	16	8, 11, 12	1, 2, 2	5 044	11:25	0,68	3 430
	17	2	3	428			291
23	17	1, 2	2, 3	1 171	11:15	0,68	796
24	17	5	3	1 045	11:15	0,68	711
25	17	4, 6, 7	1, 2, 3	4 289	11:00	0,68	2 917
26	17	3, 8, 9, 10, 11, 12	1, 2, 3, 1, 3, 3	4 637	11:00	0,68	3 153
	14	11, 10	3, 3	1 989			1 353
27	17	11, 10	3, 3	1 250	10:45	0,67	837
	14	10	3	655			439
28	14	8, 9	3, 2	2 469	10:45	0,67	1 654
29	14	1–7	1, 2, 3, 3, 2, 2, 3	3 013	10:45	0,67	2 019
	15	10, 11, 12	3, 3, 3	1 625			1 089
30	15	4–9	3, 1, 3, 2, 3, 1	4 793	10:45	0,67	3 211
31	15	2, 3	1, 3	766	10:30	0,67	513
32	15	1	1	413	10:30	0,67	277
	13	12–14	3, 1, 2	2 699			1 808
33	13	7–11	1, 1, 3, 1, 1	3 063	10:25	0,67	2 052
34	13	6	1	740	10:15	0,67	496
35	13	1–5	1, 2, 1, 1, 1	4 201	10:00	0,67	2 815
Total				172 211			119 711

***Ordre de qualité des photographies**
1. Excellente — Très bonne résolution, chaque oiseau étant facilement visible sur toute la photo
2. Bonne — Dans l'ensemble, comme ci-dessus, mais difficulté de distinguer les oiseaux dans certaines sections de la photo
3. Moyenne — Bonne résolution, mais la distance donne des oiseaux trop petits pour qu'il soit facile de les reconnaître.
4. Mauvaise — Presque impossible de distinguer les oiseaux

Figure 4
Dénombrements d'oiseaux effectués toutes les 2 h, le 27 juillet, aux parcelles où le nombre de couples reproducteurs était connu ainsi que la valeur *k* correspondante



total des oiseaux s'élève à 45 486 et le nombre estimé de couples reproducteurs sur la superficie recensée était de 28 711, soit une densité moyenne de 6,7 couples/cm^2 sur les photographies. Cela nous amène à un total de 159 721 couples pour la colonie tout entière sans compter AK2-1. Pour celle-ci, nous avons ajouté encore environ 13 065 couples, obtenant ainsi un total de 172 756 couples pour toute la colonie. Des précisions sur le dénombrement et les valeurs *k* figurent au tableau 2.

Dans notre évaluation de la population, nous avons utilisé la méthode de Jolly (Caughley, 1977) pour calculer les limites de confiance, obtenant ainsi une erreur type de 4300,8 et des limites de confiance à 95 % de ± 5,18 % de l'estimation (annexe). Pour examiner l'effet de la modification de la superficie totale recensée, nous avons également calculé des intervalles de confiance là où une seule colonne sur six et une seule colonne sur quatre était dénombrée. Nous avons obtenu ±9,86 et ±7,59 % respectivement de l'estimation. Compte tenu des autres inexactitudes possibles de la méthode, la différence entre des limites de confiance à 95 % de ± 5 et ± 10 % de l'estimation semble assez négligeable. Par conséquent, si cette méthode doit être appliquée ailleurs, nous conseillons de simplifier la tâche en ne comptant que le quart des colonnes.

Les limites de confiance ci-dessus ne tiennent pas compte de la sous-estimation qui se produit lorsque des oiseaux ne sont pas comptés et, comme c'est le cas avec la colonie du sud, notre estimation est probablement bien en-deçà de la réalité. Il était très difficile de distinguer sur les photos les oiseaux placés au sommet de la falaise de 250 m de hauteur au centre de la colonie. En revanche, les oiseaux installés sur la falaise de 80 m à l'extrémité sud de la colonie ont été facilement dénombrés. L'exactitude des calculs aux deux colonies était probablement semblable, et nous croyons que la population réelle des reproducteurs de la colonie du nord est de l'ordre de 180 000 à 250 000 couples.

Anaylse

La méthode adoptée pour la colonie du nord a entraîné une forte réduction des frais de tirage. Au coût de 15 $ pour chaque tirage, une série complète de photographies aurait coûté près de 2000 $. En outre, cette méthode a considérablement réduit la période de temps nécessaire pour le dénombrement. Il est

Figure 5
Dénombrements d'oiseaux effectués toutes les 2 h, le 3 août, aux parcelles où le nombre de couples reproducteurs était connu ainsi que la valeur *k* correspondante

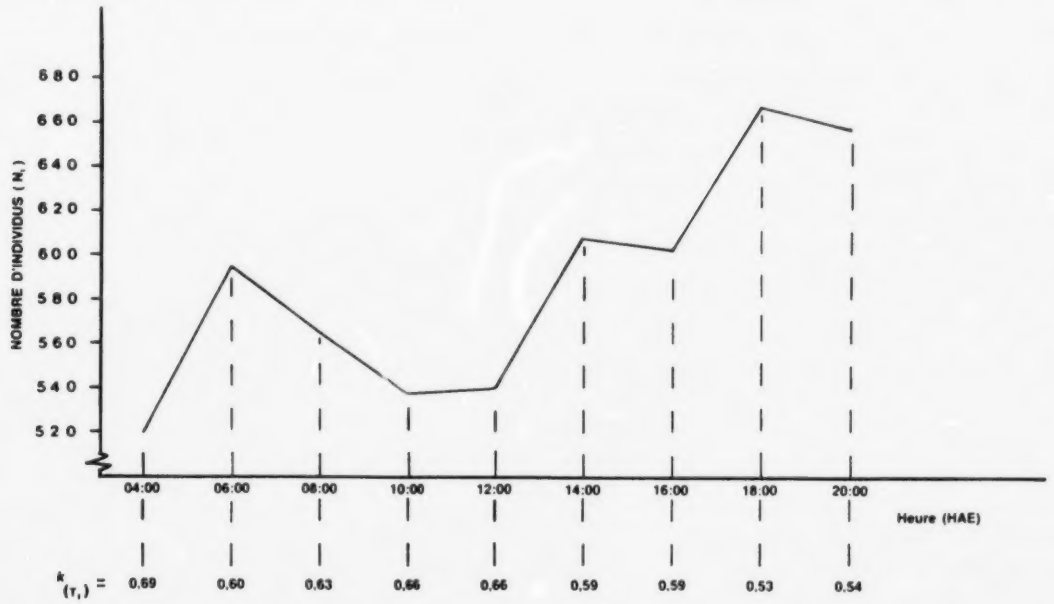
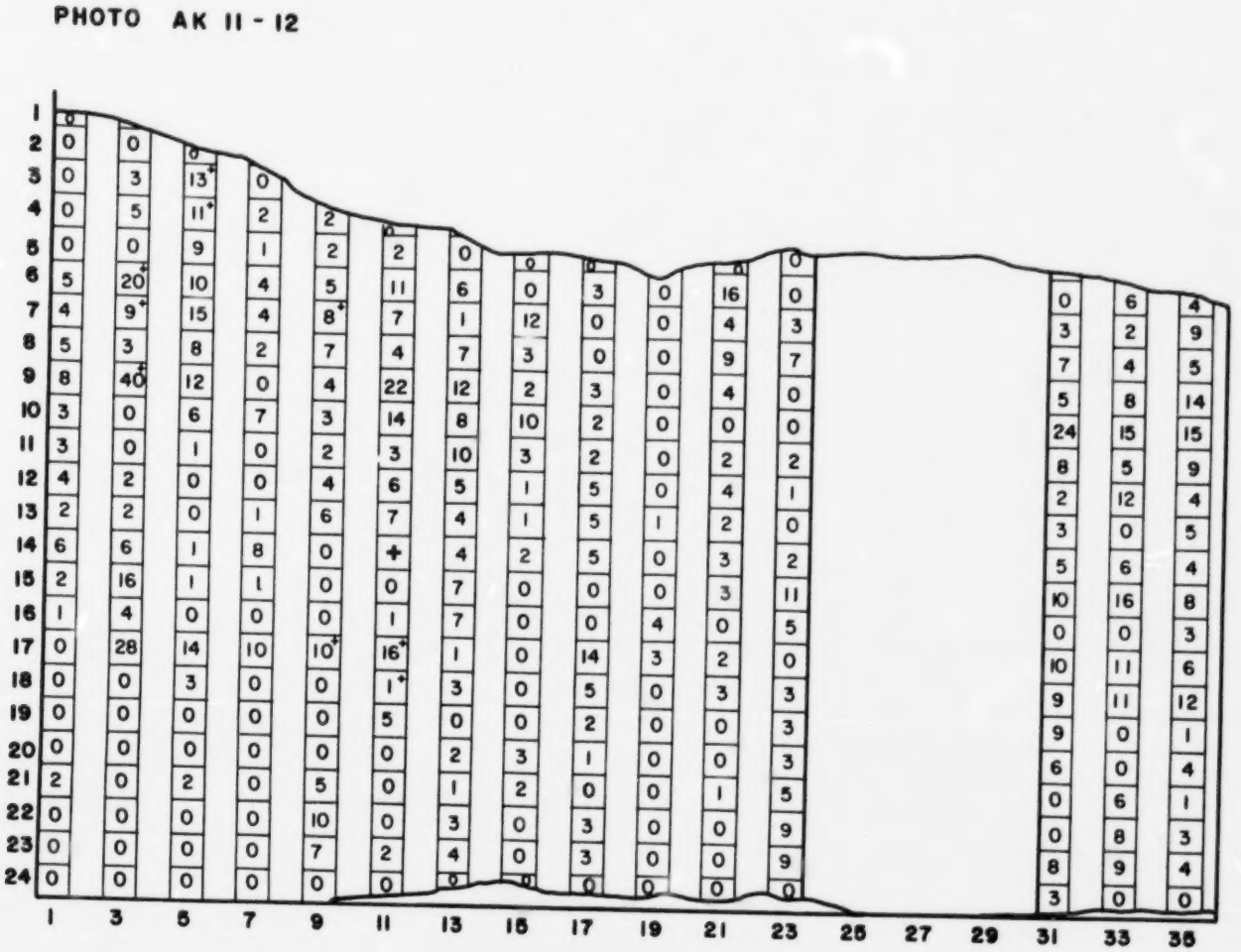


Tableau 2
Précisions relatives aux dénombrements sur les échantillons de photos de la colonie du nord

N° de la photo	N^bre de marmettes recensées	Heure	Valeur *k*	N^bre de couples reproducteurs
AK2-8A	8 846	10:10	0,66	558
AK2-13A	1 404	10:20	0,66	927
AK2-18A	1 105	10:40	0,66	729
AK3-4A	648	10:45	0,66	428
AK3-10A	4 951	10:50	0,66	3 268
AK3-15A	4 052	11:15	0,66	2 674
AK4-3	3 478	12:10	0,66	2 295
AK4-9	2 457	12:15	0,66	1 622
AK5-2	1 547	13:30	0,62	959
AK5-8	1 049	13:40	0,62	550
AK6-2	1 129	13:05	0,62	600
AK6-8	1 659	13:35	0,62	1 030
AK7-7A	1 113	15:00	0,59	690
AK7-8A	678	15:00	0,59	400
AK7-9A	516	15:10	0,59	304
AK7-11	1 870	15:00	0,59	1 103
AK8-4/5	2 028	15:05	0,59	1 197
AK8-9	2 366	15:00	0,59	1 396
AK9-2	1 590	15:15	0,59	938
AK9-7	1 416	15:20	0,59	835
AK9-12	1 671	15:25	0,59	986
AK11-12	1 144	11:10	0,66	755
AK12-5	1 300	11:55	0,66	858
AK12-10	1 912	11:55	0,66	1 262
AK13-2	1 783	12:00	0,66	1 177
AK13-7/8	1 061	12:00	0,66	700
AK13-12	713	12:00	0,66	470

Figure 6
Croquis de la photo AK11-12 (colonie du nord) indiquant les colonnes échantillonnées et le nombre d'individus recensés dans chaque centimètre carré



impossible de mesurer le degré d'inexactitude attribuable à l'échantillonnage, mais les résultats obtenus avec l'estimation des limites de confiance indiquent qu'elle était assez faible par rapport aux autres inexactitudes inhérentes à ce type de comptage au moyen de photos (Gaston *et al.*, 1985).

À l'île Akpatok, où la structure des falaises et le type des saillies sont très uniformes, la nature des colonies de marmettes peut se prêter particulièrement à ce type d'échantillonnage. Dans les colonies comme celles des îles Digges, Hantzsch et Coats, où les oiseaux font des rassemblements plus compacts, les frais de photographie sont moindres. Pour ce genre de colonies, une technique où toutes les photos sont imprimées, mais une seule colonne sur quatre dénombrée, peut s'avérer le moyen le plus efficace.

Nos estimations de population sont considérablement inférieures à celles obtenues par Tuck (1954, 1965). Cependant, sans une meilleure connaissance des méthodes de Tuck et de la proportion des colonies recensées, il est irréaliste d'imaginer des modifications à la taille des populations. Tuck a observé la colonie du nord au cours d'une excursion en bateau autour de l'île, et il est peu probable qu'un relevé exact ait pu être effectué à partir de cette plate-forme. Il est également improbable que les populations n'aient pas varié. De toute façon, les deux études indiquent que la colonie du nord est beaucoup plus considérable que celle du sud. La population totale de l'île se situe entre 300 000 et 400 000 couples reproducteurs. Cela signifie que l'île Akpatok abrite la plus vaste concentration d'oiseaux de mer dans l'est de l'Arctique canadien.

Remerciements
Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés sur le terrain : Reynald Anderson, Magella Guillemette et Pierre Mineau. Sur le plan logistique, nous avons reçu l'aide d'Énergie, Mines et

Ressources Canada, dans le cadre du Projet d'étude du plateau continental polaire, et de la Garde côtière canadienne. Andy Thériault, du ministère des Affaires indiennes et du Nord, nous a permis d'utiliser le laboratoire Ikaluit de Frobisher Bay et a fait le nécessaire pour nos contacts radio. Nous remercions également H. Boyd, D.N. Nettleship, C. Drolet et A. Bourget pour leurs observations sur les ébauches qui ont précédé cette publication.

Bibliographie

Birkhead, T.R.; Nettleship, D.N. 1980. Méthodes de recensement des marmettes, espèces *Uria* : une approche unifiée. Serv. can. de la faune. Publ. hors série nº 43. 25 pp.

Brown, R.G.B.; Nettleship, D.N.; Germain, P.; Tull, C.E.; Davis, T. 1975. Atlas des oiseaux de mer de l'est du Canada. Serv. can. de la faune, Ottawa. 220 pp.

Caughley, G. 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley and Sons, New York. 234 pp.

Chapdelaine, G.; Brousseau, P. 1982. Aspects de la biologie de la Marmette de Brünnich (*Uria lomvia*) de l'île Akpatok, saison 1981. Serv. can. de la faune. Rapp. manusc., Ottawa. 46 pp.

Chapdelaine, G.; Brousseau, P. 1984. Estimation et tendance de la population de la Marmette de Brünnich (*Uria lomvia*), colonie du sud de l'île Akpatok. Serv. can. de la faune. Rapp. manusc., Ottawa. 29 pp.

Davis, D.H.S. 1936. Reconnaissance of the fauna of Akpatok Island, Ungava Bay, J. Anim. Ecol. 5:319–332.

Gaston, A.J.; Cairns, D.K.; Elliot, R.D.; Noble, D.G. 1985. Histoire naturelle du détroit de Digges. Serv. can. de la faune. Série de rapp. nº 46. 67 pp.

Gaston A.J.; Nettleship, D.N. 1983. La Marmette de Brünnich de l'île Prince-Léopold. Serv. can. de la faune. Monogr. nº 6. 361 pp.

Nettleship, D.N. 1976. Census techniques for seabirds of arctic and eastern Canada. Serv. can. de la faune. Occas. Pap. nº 25. 33 pp.

Polunin, N.V. 1932. The isle of Auks. E. Arnold and Co. London. 253 pp.

Savard, J.-L.; Smith, G.E.J. 1985. Comparaison de techniques de recensement des oiseaux de mer nichant dans des terriers. Serv. can. de la faune. Cah. de biologie nº 151. 8 pp.

Tuck, L.M. 1954. Murre investigations at Akpatok Island. Serv. can. de la faune. Rapp. manuscr., Ottawa. 61 pp.

Tuck, L.M. 1965. Les marmettes. Serv. can. de la faune. Monogr. nº 1. 284 pp.

Annexe

Pour les échantillons de taille inégale, nous avons utilisé la méthode de Jolly pour calculer l'estimation (Y) du nombre de couples de Marmettes de Brünnich et les limites de confiance à 95 %.

Si N = le nombre de colonnes dans toute la série de photos
n = le nombre de colonnes échantillonnées
Z = la superficie de l'aire recensée (en centimètre carré)
z = la superficie d'une colonne (en centimètre carré)
y = le nombre de couples dénombrés dans une colonne
R = le rapport entre les couples dénombrés et la superficie recensée soit $\Sigma y/\Sigma z$

S^2y = la variance entre le nombre de couples recensés dans toutes les colonnes

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}\right]$$

S^2z = la variance entre la superficie couverte par toutes les colonnes

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma z^2 - \frac{(\Sigma z)^2}{n}\right]$$

Szy = la covariance entre le nombre d'oiseaux recensés et la superficie de chaque colonne

$$= \frac{1}{n-1}\left[\Sigma zy - \frac{(\Sigma z)(\Sigma y)}{n}\right]$$

Alors,

(1) Population totale, $Y = ZR$
(2) Variance de population, $Var(Y) = N(N-n)(S^2y - 2RS_{zy} + RS_z^2)$
(3) Erreur type de population, ET (Y) = var (Y)
(4) Limites de confiance à 95 % de $Y = \pm \tau$ ET (Y)

Pour illustrer la méthode, nous donnons ici le calcul estimé des couples de Marmettes de Brünnich de la photo AK11-12 (figure 6). Nous avons photographié cette partie le 10 août à 11:10. À ce moment-là, la valeur *k* correspondante était de 0,66 ce qui a donné une estimation de 755 couples pour les 1144 individus dénombrés d'après la photo (tableau 2). Le nombre total de colonnes sur cette photo est de 35,5, et le nombre de colonnes échantillonnées est de 15. La superficie de l'aire recensée est de 448,6 cm^2, et la superficie des colonnes échantillonnées est de 190,6 cm^2. Donc, le rapport entre les couples dénombrés et la superficie (R) est de 3,96.

En substituant ces valeurs aux inconnues dans les équations 1, 2, 3 et 4, nous avons obtenu pour la photo AK11-12 :
Population totale, Y = 1776
Variance de population, Var(Y) = 858,4
Erreur type de population, ET(Y) = 29,3
Limites de confiance à 95% de Y = ± 59 (3,3 %)